

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-99829

(43)公開日 半成5年(1993)4月23日

(51)Int CL<sup>3</sup>  
G 01 N 9/24識別記号 特許出願番号  
F 7172-2J

F I

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平3-257396

(22)出願日 平成3年(1991)10月14日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1008番地(72)発明者 大土 貴郎  
大阪府門真市大字門真1008番地 松下電器  
産業株式会社内(72)発明者 筒井 雄司  
大阪府門真市大字門真1008番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 方理士 小堀治 明 (外2名)

(54)【発明の名称】 物質の定量測定法

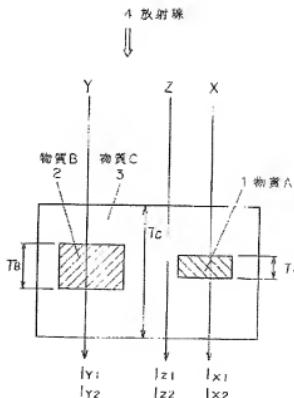
(55)【要約】

【目的】 測定対象となる物体に含まれる複数の物質を、一つの差分計算式で簡単に検出、定量可能な物質の定量測定法を提供することを目的とする。

【構成】 測定対象の物質A、B、Cに上るルギーE<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>を有する放射線4を照射し、その透過強度I<sub>X1</sub>、I<sub>Y1</sub>、I<sub>Z1</sub>をそれぞれX、Y、Zの位置で測定する。各点の透過強度を(数7)により物質Cを基準とするルギー差分計算を行う。m<sub>2</sub>の値が正の場合、物質Cより劣る原子番号の大きい物質Aが存在し、負の値の場合、劣る原子番号の小さい物質Bが存在するものとして、検出することができる。

【数7】

$$\mu_0 = \mu_2 T_2 = \frac{R_2 \ln (I_{X2}/I_{Z2})}{\mu_2} \ln (I_{X1}/I_{Z1})$$



【特許請求の範囲】

【請求項1】2種類以上のエネルギーもしくはエネルギー一帯の放射線を用いて測定対象の物体の透過情報を得て、前記エネルギーもしくはエネルギー範囲の放射線の透過情報を用いて差分計算処理を行い、前記物体を構成する物質を同定、もしくは定量する物質の定量測定法であって、前記物体が原子番号もしくは実効原子番号が3種類以上の物質で構成される場合、前記物質のうちの特定物質を基準として前記特定物質を消去するための差分計算処理後の符号の正負を用いて前記物質に対する原子番号もしくは実効原子番号の判定による少なくとも2つの物質の同定、定量を同時にを行うことを特徴とする物質の定量測定法。

【請求項2】測定対象の物体を構成する物質が、軟組織である筋肉、骨、脂肪であることを特徴とする請求項1記載の物質の定量測定法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、放射線を用いた物質の定量測定法に関する、特に脊髄密度定量装置の体成分分析法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】物体を透過する放射線の強度から、物体に含まれる特定の物質を定量する方法としては、従来、2つのエネルギー帯からなる放射線を利用したエネルギー差分法が用いられている。

【0003】物体が3つの物質により構成されている場合、次のようにして、ある特定の物質を定量する。ここでは、図3に示す3つの物質A、物質B、物質Cからなる物体を測定する場合について述べる。

【0004】エネルギー差分法を用いるため、2種類のエネルギーE1、E2をもつ放射線4を照射する。

【0005】エネルギーE1、E2の2種類を持った放射線4の、図3中に示すxにおける物体透過後の強度

$I_{x1}$ 、 $I_{x2}$ は(数1)、(数2)で表される。

【0006】

【数1】

$$m_A = \rho_A T_A = \frac{Rc \ln (I_{x2}/I_{x1}) - \ln (I_{z1}/I_{z2})}{\mu_{A1} - \mu_{A2} Rc}$$

【0007】(数7)に(数3)、(数4)を適用する $m_A$ は0となり、物質Aのみの密度が得られていることがわかる。

【0008】同様に、物質B2の単位面積当たりの密度 $m_B$

$$m_B = \rho_B T_B = \frac{Rc \ln (I_{z2}/I_{z1}) - \ln (I_{x1}/I_{x2})}{\mu_{B1} - \mu_{B2} Rc}$$

【0009】従来は、以上のように、物体中の物質の定量測定を行っていた。

【0010】

$$I_{x1} = \exp (-\mu_{A1} \rho_A T_A - \mu_{C1} \rho_C T_C)$$

【数2】

$$I_{x2} = \exp (-\mu_{A2} \rho_A T_A - \mu_{C2} \rho_C T_C)$$

は、(数3)、(数4)で表される。

【0009】

【数3】

$$I_{z1} = \exp (-\mu_{B1} \rho_B T_B - \mu_{C1} \rho_C T_C)$$

【数4】

$$I_{z2} = \exp (-\mu_{B2} \rho_B T_B - \mu_{C2} \rho_C T_C)$$

【数5】

$$I_{x1} = \exp (-\mu_{A1} \rho_A T_A - \mu_{C1} \rho_C T_C)$$

【数6】

$$I_{x2} = \exp (-\mu_{A2} \rho_A T_A - \mu_{C2} \rho_C T_C)$$

$\mu_{A1}$ は物質A、B、CのエネルギーE1、E2における質量減衰係数、 $I_{x1}$ 、 $I_{x2}$ を物質に照射されるエネルギーE1、E2の放射線強度、 $\rho_A$ 、 $\rho_B$ 、 $\rho_C$ は物質A、物質B、物質Cの密度、 $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ は物質A、B、Cの厚さを表す。また、 $T_C'$ 、 $T_C''$ はそれぞれ次式で示されるものである。

$$T_C' = T_C - T_A$$

$T_C'' = T_C - T_B$   
エネルギー差分計算により、物質Cの計算結果が0となるように消去し、物質A1の密度を求める。(数1)、(数2)の2つの式から、エネルギー差分法により物質A1の単位面積当たりの密度 $m_A$ は、(数7)として得られる。

【0016】

【数7】

$m_A$ は(数8)で求められる。

【0019】

【数8】

は一度の計算により、それぞれの定量することができないという問題点を有していた。

【0022】本発明は上記の欠点を解決するもので、1つの計算式で複数の物質を定量し得る定量測定法を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため本発明では、エネルギー差分法により計算した結果の負の値をも利用し、物質の定量を行う。

【0024】

【作用】エネルギー差分した後の正の値、負の値の両方を利用することにより、1つの計算式で複数の物質を定量することができる。

【0025】詳細は後述するが、例えば、(数7)によるエネルギー差分計算結果は物質Bを含む部分は負の値、物質Aを含む部分は正の値となるため、計算結果の正負の判定を行えば、そこに含まれる物質の判定を容易に行なうことができる。

【0026】

【実施例】図3に示すような3種類の物質からなる物体の場合、次のようにして行なうことができる。

【0027】物体の各部を通じたエネルギーE<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>の放射線の強度I<sub>1</sub>、I<sub>2</sub>について(数7)の差分計算を行う。すなわち、物質Bを含むと思われる部分の透過強度もすべて(数7)の式で差分計算を行う。

【0028】物質Bを含む部分については、(数7)のI<sub>n</sub>(I<sub>x1</sub>/I<sub>o1</sub>)、I<sub>n</sub>(I<sub>x2</sub>/I<sub>o2</sub>)の代わりに、(数5)、(数6)から得られるI<sub>n</sub>(I<sub>x1</sub>/I<sub>o1</sub>)、I<sub>n</sub>(I<sub>x2</sub>/I<sub>o2</sub>)を代入すると、(数9)となる。

【0029】

【数9】

$$m_A' = \frac{\mu_{B1} - R_c \mu_{B2}}{\mu_{B1} - \mu_{B2} R_c} m_A$$

【0030】上式において、 $\mu_{B1}/\mu_{B2}$ はR<sub>c</sub>より小さい値の場合、差分した結果のm<sub>A'</sub>は負の値を示す。物質Aの部分は、(数7)が物質Aを定量するためのエネルギー差分計算式であるため、差分計算後の値が正になら。

【0031】したがって、(数7)によるエネルギー差分計算結果は物質Bを含む部分は負の値、物質Aを含む部分は正の値となるため、計算結果の正負の判定を行えば、そこに含まれる物質の判定を容易に行なうことができる。

【0032】一般に、k吸収場を含まないエネルギー範囲では、低エネルギーの減弱係数と高エネルギーの減弱係数の比は実効原子番号が大きいほど大きくなる。よって、エネルギー差分結果が正の値を示す場合、その部分には、消去した物質(ここでは物質C)より、原子番号

または実効原子番号の大きい物質が含まれ、負の値を示す部分には原子番号または実効原子番号の小さい物質が含まれると同定できる。

【0033】また、物質Bの単位面積当りの密度m<sub>n</sub>は、(数10)により得られる。

【0034】

【数10】

$$m_n = \frac{\mu_{B1} - \mu_{B2} R_c}{\mu_{B1} - R_c \mu_{B2}} m_A$$

【0035】以上により、同一の式(数7)により、複数の物質の密度を得ることができる。以下、本発明を実施例に基づき詳細に説明する。

【0036】本実施例では、人体の骨、脂肪の量を定量する場合について述べる。図1は人体腰椎の断面図である。図1に示すように、人体の腰椎は骨11、筋肉12、脂肪13の3つの物質から構成されているとする。

【0037】これを、図2に示す測定系でX線の透過情報を計測する。この測定系はX線源21、X線ラインセンサ22および演算装置23により構成され、X線源21と同期してX線ラインセンサ22を走査することにより、2次元の測定を行うことができる。

【0038】X線源21の裏面には、kエッジフィルタ24が設けられている。kエッジフィルタ24は、G<sub>d</sub>により作製されており、これによりX線源21から放射されるファンビームX線26は2つのエネルギーに分離され、測定対象25に照射される。X線管の管電圧が100kVの場合、実効エネルギーが4.5keVと7.5keVに分離される。それぞれのエネルギーのX線強度を、光子計数法を用いてX線ラインセンサ22を走査して測定した。

【0039】各々のエネルギーにおける各部のカウント数の測定結果を(表1)に示す。簡単にため、図1に示す3点についてのみ(表1)に示した。点Xは筋肉と骨を、点Yは筋肉のみ、点Zは筋肉と脂肪を透過したX線強度が測定される。

【0040】

【表1】

	4.5keV	7.5keV
X(骨部)	1370	2770
Y(筋肉部)	3262	4100
Z(筋肉部)	4192	4830

【0041】この測定結果から、筋肉を基準として消去

し骨の単位面積当たりの密度  $m_{\text{bone}}$  を算出するエネルギー差分計算をすべての領域について行った。すなわち、(数7)における物質Cを筋肉とし、物質Aを骨とし、(表2)に示す減弱係数を用いて  $m_A$  ( $m_{\text{bone}}$ ) を計算

した。(表2)には、計算に用いる物体を透過する前のX線強度  $I_0$  や  $R_c$  をあわせて示す。

【0042】

【表2】

	45 keV	75 keV
$\mu_A$ (骨)	0. 6940	0. 2683
$\mu_B$ (筋肉)	0. 2169	0. 1763
$I_0$	477000	230000
$R_c$	2. 5867	
$R_c$	1. 2302	

【0043】(数7)により求めた各部の  $m_A$  を(表3)に示す。骨の単位面積当たりの密度は、 $1.143 \text{ g/cm}^2$  と正の値を示し、筋肉部は差分計算処理により、ほぼ0となっている。また、点Zでは負の値を示した。この点には筋肉より減弱係数比の小さい、すなわち実効原子番号の小さい物質が含まれることがわかる。(表4)に脂肪、骨、脂肪の実効原子番号を示す。

【0044】

【表3】

	$m_A$
X (骨部)	1. 143
Y (筋肉部)	0. 005
Z (脂肪部)	-0. 050

【0045】

【表4】

	45 keV	75 keV
$\mu$ (脂肪)	0. 2135	0. 1768
R	1. 2075	

【0046】

【表5】

	実効原子番号
骨	18. 8
脂肪	5. 02
筋肉	7. 42

【0047】脂肪の減弱係数比、実効原子番号とも基準物質の筋肉より小さい。これにより、差分計算処理後の負の値の領域には脂肪が存在すると判定できる。差分計算処理後、負の値を示し、脂肪が存在する部分について、(数10)により、その部分における単位面積当たりの脂肪密度を算出した。この結果、Z部の密度は、 $4.5529 \text{ g/cm}^2$  となり、脂肪の重量を知うことができた。

【0048】以上のように本実施例によれば、差分計算処理後の負の値を利用することによって、人体に含まれる骨だけでなく、脂肪をも同時に検出し、かつ定量をおこなうことができた。

【0049】

【実用的効果】以上のように本実明は、差分計算処理結果の負の部分を利用することにより、1つの計算式により、物体中の同時に複数の物質を識別でき、かつ定量することが可能な物質の定量測定法を実現するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の測定法の一実施例における測定対象の断面図

【図2】本発明を具現化した測定装置の構成図

【図3】本発明の原理の説明図

【符号の説明】

1 物質A

2 物質B

3 物質C

4 放射線

1 1 骨

1 2 筋肉

1 3 脂肪

2 1 X線源

2 2 X線ラインセンサ

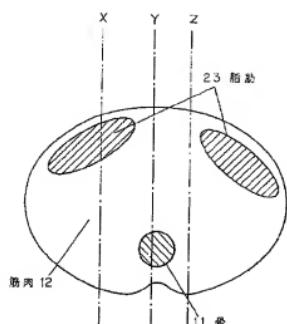
2 3 演算装置

2 4 Kエッジフィルタ

2 5 測定対象

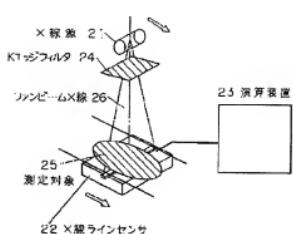
2 6 ファンビームX線

【図1】



【図3】

【図2】



4 放射線

